

SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF FABRICATION THEREOF

Patent number: JP8064834

Publication date: 1996-03-08

Inventor: YAMAZAKI SHUNPEI; TERAMOTO SATOSHI

Applicant: SEMICONDUCTOR ENERGY LAB

Classification:

- **International:** H01L21/20; H01L21/265; H01L21/336; H01L27/12;
H01L29/786; H01L21/02; H01L27/12; H01L29/66;
(IPC1-7): H01L29/786; H01L21/20; H01L21/265;
H01L21/268; H01L21/336

- **European:** H01L21/20D2; H01L21/336D2B; H01L27/12;
H01L29/786D; H01L29/786E2

Application number: JP19940218077 19940819

Priority number(s): JP19940218077 19940819

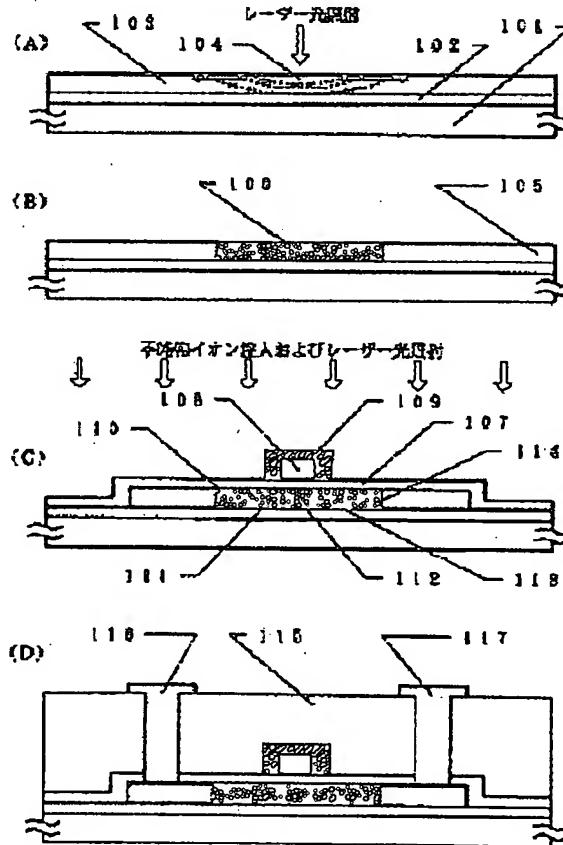
Also published as:

- US5731613 (A1)
- CN1815743 (A)
- CN1553507 (A)
- KR100429943B (B)
- CN1194378C (C)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP8064834

PURPOSE: To eliminate variations of characteristics and deterioration by increasing breakdown voltage by bringing atoms of carbon, nitrogen, and oxygen in a region that is substantially regarded as a single crystal in a thin film silicon semiconductor to specific concentration and further bringing hydrogen atom neutralizing non-paired bonds of silicon to specific concentration. **CONSTITUTION:** There are formed an oxidized silicon film 102 as a base film and then an amorphous silicon film 103 on a quartz substrate 101. Crystal growth is achieved by irradiating it with laser light to obtain a crystal region 106 regarded as a single crystal. There are contained in the crystal region 106 atoms of carbon and nitrogen of 1×10^{16} to 5×10^{18} cm $^{-3}$ and oxygen atom of 1×10^{17} to 5×10^{19} cm $^{-3}$. Further, since lattice defects exist in principle, hydrogen atom is contained at the concentration of 1×10^{17} to 5×10^{20} in order to neutralize non-paired bonds of silicon. Further, an active layer of a thin film transistor is formed with patterning using the region 106 regarded as a single crystal. Hereby, there can be solved problems such as low breakdown voltage due to crystal grain boundary and a large leakage current.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-64834

(43)公開日 平成8年(1996)3月8日

(51)Int.Cl.⁶

H01L 29/786

21/20

21/265

識別記号

F I

9056-4M

H01L 29/78

618

G

21/265

U

審査請求 未請求 請求項の数12 FD (全11頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平6-218077

(22)出願日

平成6年(1994)8月19日

(71)出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷398番地

(72)発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(72)発明者 寺本 聰

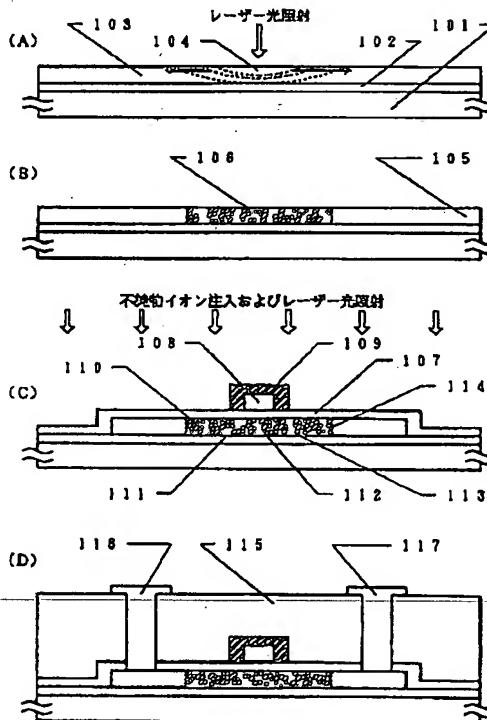
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(54)【発明の名称】半導体装置およびその作製方法

(57)【要約】

【目的】 単結晶珪素を用いた場合と同様の特性を有するトランジスタを薄膜トランジスタにおいて実現する。

【構成】 レーザー光を照射することによって部分的に単結晶と見なせる領域106を形成し、その領域を用いて、少なくもチャネル形成領域112を構成する。このような構成を有する薄膜トランジスタは、単結晶を用いた場合と同様な特性を得ることができる。またこのような薄膜トランジスタを複数並列に接続することにより、実質的にチャネル幅を大きくした単結晶薄膜トランジスタと等価なものを得ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁表面を有する基板上に形成された薄膜珪素半導体を用いた半導体装置であって、前記薄膜珪素半導体は、実質的に単結晶と見なせる領域を有し、

前記領域は活性層の少なくも一部を構成しており、前記領域中には、炭素及び窒素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ酸素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ珪素の不対結合手を中和している水素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含まれていることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 絶縁表面を有する基板上に形成された薄膜珪素半導体を用いた半導体装置であって、前記薄膜珪素半導体は、実質的に単結晶と見なせる領域を有し、

前記領域は活性層の少なくも一部を構成しており、前記領域中には、炭素及び窒素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ酸素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含まれていることを特徴とする半導体装置。

【請求項3】 絶縁表面を有する基板上に形成された薄膜珪素半導体を用いた半導体装置であって、前記薄膜珪素半導体は、実質的に単結晶と見なせる領域を有し、

前記領域は活性層の少なくも一部を構成しており、前記領域中には、珪素の不対結合手を中和している水素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含まれていることを特徴とする半導体装置。

【請求項4】 絶縁表面を有する基板上に形成された薄膜珪素半導体を用いた半導体装置であって、前記薄膜珪素半導体は、実質的に単結晶と見なせる領域を有し、

前記領域は活性層の少なくも一部を構成しており、前記領域中には、炭素及び窒素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ酸素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ珪素の不対結合手を中和している水素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含まれており、

前記薄膜珪素半導体の厚さは平均で $200\text{\AA} \sim 2000\text{\AA}$ であることを特徴とする半導体装置。

【請求項5】 絶縁表面を有する基板上に形成された薄膜珪素半導体を用いた半導体装置であって、

前記薄膜珪素半導体の実質的に単結晶と見なせる結晶構造を有する領域が少なくともチャネル形成領域を構成しており、

前記チャネル形成領域中には、炭素及び窒素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ酸素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ珪素の不対結合手を中和している水素の原子が

$1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含まれていることを特徴とする半導体装置。

【請求項6】 請求項1乃至請求項5において、実質的に単結晶と見なせる結晶構造を有する領域には、珪素の結晶化を助長する金属元素であるFe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Zn、Ag、Auから選ばれた一種または複数種類の元素が含まれていることを特徴とする半導体装置。

【請求項7】 請求項1乃至請求項5において、実質的に単結晶と見なせる結晶構造を有する領域には、珪素の結晶化を助長する金属元素であるFe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Zn、Ag、Auから選ばれた一種または複数種類の元素が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含まれていることを特徴とする半導体装置。

【請求項8】 絶縁表面を有する基板上に形成された珪素薄膜に対してレーザー光を照射し単結晶と見なせる領域を形成する工程を有し、前記レーザー光の照射は、試料を $450^{\circ}\text{C} \sim 750^{\circ}\text{C}$ の温度に加熱した状態で行われることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項9】 複数の薄膜トランジスタが並列に接続された構造を有し、前記複数の薄膜トランジスタのそれぞれは少なくともチャネル形成領域中に実質的に結晶粒界が存在しない構造を有し、

前記チャネル形成領域中には、炭素及び窒素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ酸素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ珪素の不対結合手を中和している水素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含まれていることを特徴とする半導体装置。

【請求項10】 複数の薄膜トランジスタが並列に接続された構造を有し、前記複数の薄膜トランジスタのそれぞれは少なくともチャネル形成領域中に実質的に結晶粒界が存在しない構造を有し、前記チャネル形成領域は $200\text{\AA} \sim 2000\text{\AA}$ の厚さを有し、

前記チャネル形成領域中には、炭素及び窒素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ酸素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ珪素の不対結合手を中和している水素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含まれていることを特徴とする半導体装置。

【請求項11】 複数の薄膜トランジスタが並列に接続された構造を有し、前記複数の薄膜トランジスタのそれぞれは少なくともチャネル形成領域が実質的に単結晶と見なせる薄膜珪素半導体で構成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項12】複数の薄膜トランジスタが並列に接続された構造を有し、

前記複数の薄膜トランジスタのそれぞれは少なくともチャネル形成領域中に実質的に結晶粒界が存在しない構造を有し、

ていることを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【従来の技術】近年、ガラスや石英基板上に薄膜半導体を用いたトランジスタ（薄膜トランジスタと称される）を形成する技術が研究されている。特に薄膜半導体として非晶質珪素（アモルファスシリコン）を用いた技術は、実用化されており、アクティブマトリクス型の液晶表示装置等に利用されている。

【0002】しかしながら、非晶質珪素を用いた薄膜トランジスタは、その特性が低いという問題がある。例えば、アクティブマトリクス型の液晶表示装置の表示機能としてより高い機能を求めようとする場合、非晶質珪素膜を用いた薄膜トランジスタでは、その特性が低すぎると。

【0003】また非晶質珪素膜を結晶化させた結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタを構成する技術が知られている。この技術は、非晶質珪素膜の形成後に加熱処理やレーザー光の照射を行うことにより、非晶質珪素膜を結晶性珪素膜に変成するものである。非晶質珪素膜を結晶化させることによって得られる結晶性珪素膜は、一般に多結晶構造あるいは微結晶構造を有している。

【0004】結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタを構成した場合、非晶質珪素膜を用いた場合に比較して、はるかに高い特性を得ることができる。例えば、薄膜トランジスタの特性を評価する一つの指標である移動度で見た場合、非晶質珪素膜を用いた薄膜トランジスタでは移動度が $1 \text{ cm}^2/\text{V s}$ 以下であるが、結晶性珪素膜を用いた薄膜トランジスタでは、 $100 \text{ cm}^2/\text{V s}$ 程度とすることが可能である。

【0005】しかしながら、非晶質珪素膜を結晶化することによって得られた結晶性珪素膜は、多結晶構造を有しており、結晶粒界に起因する数々の問題があった。例えば、結晶粒界を経由して移動してしまうキャリアが存在するために、薄膜トランジスタの耐圧が大きく制限されてしまうという問題である。また、高速動作を行わす場合等に特性の変化や劣化が起こりやすいという問題がある。また、結晶粒界を経由して移動してしまうキャリアが存在するために、薄膜トランジスタがOFF時におけるリーク電流（漏れ電流）が多くなってしまうという問題がある。

【0-0-0-6】またアクティブマトリクス型の液晶表示装置をより集積化した形で構成しようとする場合、画素領域のみでなく、周辺回路をも1枚のガラス基板上に形成してしまうことが望まれる。このような場合、マトリク

ス状に数十万個配置された画素トランジスタを駆動するために、周辺回路に配置された薄膜トランジスタには大電流を扱えることが要求される。

【0007】大電流を取り扱うことのできる薄膜トランジスタを得るには、チャネル幅を大きくした構造を採用する必要がある。しかしながら、多結晶珪素薄膜や微結晶珪素薄膜を用いた薄膜トランジスタでは、そのチャネル幅を広くしても耐圧の問題から実用にならないという問題があった。またしきい値の変動等が大きく、実用的ではないという問題がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本明細書で開示する発明は、結晶粒界の影響を受けない薄膜トランジスタを必要することを目的とする。また、本明細書で開示する発明の他の目的は、耐圧が高く大電流を扱うことのできる薄膜トランジスタを提供することを目的とする。また、本明細書で開示する発明の他の目的は、特性の劣化や変動の無い薄膜トランジスタを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本明細書で開示する発明の一つは、絶縁表面を有する基板上に形成された薄膜珪素半導体を用いた半導体装置であって、前記薄膜珪素半導体は、実質的に単結晶と見なせる領域を有し、前記領域は活性層の少なくも一部を構成しており、前記領域中には、炭素及び空素の原子が $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2} \sim 5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の濃度で、かつ酸素の原子が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2} \sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ の濃度で、かつ珪素の不対結合手を中心としている水素の原子が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2} \sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ の濃度で含まれていることを特徴とする。

【0010】上記構成において、実質的に単結晶と見なせる領域というのは、単結晶珪素のウェハーの結晶性と比較して、同等であると認められる結晶構造を有している薄膜珪素半導体の領域をいう。具体的には、単結晶珪素のラマンスペクトルに比較して、ラマンスペクトルの強度比が0.8以上であり、ラマンスペクトルの半値幅（相対的な値）の比が2以下であり、また同時に当該領域に結晶粒界が実質的に存在しない領域が実質的に単結晶と見なせる領域として定義される。

【0011】上記のような実質的に単結晶と見なせる領域は、非晶質珪素膜を出発膜として、加熱やレーザー光の照射によって得ることができる。特に珪素の結晶性を助長する金属元素を導入することにより、比較的容易に大きな面積に渡って上記実質的に単結晶と見なせる領域を得ることができる。

【0012】珪素の結晶化を助長する金属元素としては、Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Zn、Ag、Auから選ばれた一種または複数種類の元素を用いることができる。これらの元素は珪素に対して進入型の性質を有しており、加熱処理

やレーザー光の照射を行うことによって珪素膜中に拡散していく。上記元素の中で特に顕著な効果を得ることができる元素はN i (ニッケル)である。

【0013】上記金属元素の濃度は、結晶化が終了した最終的な珪素膜中において、 $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19}$ cm⁻³の濃度で含まれるようにすることが重要である。この金属元素の濃度が 1×10^{16} cm⁻³以下であると、結晶化を助長する効果を得ることができず、その濃度が 5×10^{19} cm⁻³以上であると、半導体としての性質が損なわれてしまう。

【0014】前述の単結晶と見なせる領域を珪素薄膜中に形成するには、以下に示すような方法がある。まず非晶質珪素膜をガラス基板や石英基板上に形成し、しかる後に非晶質珪素膜の表面にニッケルを含む膜を形成する。このニッケルを含む膜は、スパッタ法等によって、極薄いニッケル薄膜を形成するのでもよいし、ニッケルを含んだ溶液を非晶質珪素膜の表面に塗布することにより、ニッケル元素が非晶質珪素膜の表面に接して配置される方法を採用するのでもよい。

【0015】非晶質珪素膜にニッケル元素を導入したら、加熱処理により、非晶質珪素膜を結晶化させる。この加熱処理は、ニッケル元素の作用によって600°C以下の温度で行うことができる。基板としてガラス基板を用いた場合には、この加熱処理の温度をなるべく低いものとすることが好ましいが、結晶化工程の効率を考慮した場合、500°C以上、好ましくは550°C以上の温度で行うことが有用である。なお、基板として石英基板を用いた場合には、800°Cさらにはそれ以上の温度での加熱処理を行うことができ、単時間で結晶性珪素膜を得ることができる。この工程で得られる結晶性珪素膜は、多結晶または微結晶状態を有しており、膜中には結晶粒界が存在している。

【0016】そこで、450°C以上の温度に試料を加熱した状態でレーザー光を照射することによって、局所的に結晶性を助長させる。この工程によって単結晶と見なせる領域を形成することができる。このレーザー光の照射を行う際に試料または被照射面を450°C以上の温度で加熱することが重要である。この加熱温度は、450°C～750°C、特に基板としてガラス基板を用いた場合には、450°C～600°Cとすることが好ましい。

【0017】また単結晶と見なせる領域を形成する他の方法としては、非晶質珪素膜を形成し、結晶化を助長する金属元素を導入したら、加熱処理を行わないで、レーザー光を照射し、単結晶とみなせる領域を形成する方法を挙げることができる。この場合もレーザー光の照射時に試料を450°C～750°C、特に基板としてガラス基板を用いる場合には、450°C～600°Cの温度で加熱することが重要である。

【0018】このレーザー光の照射時に試料を加熱することの意義について以下に説明する。図4に示すのは、

ガラス基板上に下地の酸化珪素膜を形成し、その上に非晶質珪素膜を形成し、さらにその表面にニッケル元素を導入した非晶質珪素膜に対して、レーザー光を照射した際のラマンスペクトル強度を示したものである。そして各プロット点は、レーザー光を照射した際における試料の加熱温度を示す。

【0019】図4におけるラマン強度は、単結晶珪素ウエハーのラマンスペクトルの強度I₀と試料に対するラマンスペクトル強度Iとの比率(I/I₀)で示される

10 相対値である。ラマンスペクトルの強度は図7に示すようなラマンスペクトルの強度の最大値でもって定義される。一般に単結晶珪素ウエハーを越える結晶構造は存在しないので、図4の縦軸で示されるラマン強度の最大値は1である。このラマン強度の値が1に近い程、単結晶に近い構造を有するものと理解することができる。

【0020】図5に示すのは、ラマンスペクトルの半値幅とレーザー光の照射エネルギー密度との関係を試料の加熱温度の違い毎にプロットしたものである。図5に示す縦軸の半値幅は、単結晶珪素ウエハーのラマンスペクトルの強度が半分の位置におけるスペクトルの幅W₀と実際に得られた試料のラマンスペクトルの強度が半分の位置におけるスペクトルの幅Wとの比(W/W₀)で示されるパラメータである。これらWやW₀は、図7に示すようなラマンスペクトルの強度が1/2の場所でのスペクトルの幅として定義される。一般にラマンスペクトルの幅が狭くシャープな程、その結晶性が優れていることを意味する。よって、一般的には単結晶珪素のラマンスペクトルの幅が最も狭くシャープなものとなる。なお試料は、図4に示すデータを得たものと同様のものを用いている。

20 【0021】従って、図5に示す半値幅は、一般的には1以上の値となる。またその値が1に近い程、単結晶に近い構造を有していると理解することができる。図5を見れば明らかのように、レーザー光の照射時における試料の加熱温度を高くすることによって、単結晶に近い結晶性を得ることができる。またこの試料の加熱に従う効果は500°C程度で飽和することが理解される。図5から、安定して単結晶に近い結晶性を得るために、400°Cの加熱ではなく、余裕をみて450°C以上とするのが好ましいことが結論される。

【0022】本発明者等の知見によれば、図4に示すラマン強度が0.8以上であり、また図5に示すラマンスペクトルの半値幅が2.0以下であり、またその領域内に結晶粒界が実質的に存在していない場合、当該領域を単結晶と見なせる領域として見ることができる。

【0023】この単結晶と見なせる領域は、プラズマCVD法や減圧熱CVD法でもって成膜された珪素膜を出発膜としており、膜中には、炭素と窒素とが $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19}$ cm⁻³、酸素が $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ cm⁻³の濃度で含まれている。また原理的に格子欠陥が存

在しているので、珪素の不対結合手を中和するために水素を $1 \times 10^{11} \sim 5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含んでいる。即ち、この単結晶と見なせる領域は、点欠陥を有してはいるが、線欠陥や面欠陥は有していないことが特徴である。なお、これら含有されている元素の濃度は、S I M S (2次イオン分析法)で計測される値の最低値として定義される。

【0024】上記単結晶と見なせる領域は、一般的な単結晶ウエハーとは異なるものである。これは、CVD法で形成され、その厚さが $200 \sim 2000 \text{ \AA}$ 程度の薄膜半導体であることに起因する。

【0025】他の発明の構成は、絶縁表面を有する基板上に形成された薄膜珪素半導体を用いた半導体装置であって、前記薄膜珪素半導体は、実質的に単結晶と見なせる領域を有し、前記領域は活性層の少なくも一部を構成しており、前記領域中には、炭素及び窒素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ酸素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含まれていることを特徴とする。

【0026】他の発明の構成は、絶縁表面を有する基板上に形成された薄膜珪素半導体を用いた半導体装置であって、前記薄膜珪素半導体は、実質的に単結晶と見なせる領域を有し、前記領域は活性層の少なくも一部を構成しており、前記領域中には、珪素の不対結合手を中和している水素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含まれていることを特徴とする半導体装置。

【0027】他の発明の構成は、絶縁表面を有する基板上に形成された薄膜珪素半導体を用いた半導体装置であって、前記薄膜珪素半導体は、実質的に単結晶と見なせる領域を有し、前記領域は活性層の少なくも一部を構成しており、前記領域中には、炭素及び窒素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ酸素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ珪素の不対結合手を中和している水素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含まれております、前記薄膜珪素半導体の厚さは平均で $200 \text{ \AA} \sim 2000 \text{ \AA}$ であることを特徴とする。

【0028】他の発明の構成は、絶縁表面を有する基板上に形成された薄膜珪素半導体を用いた半導体装置であって、前記薄膜珪素半導体の実質的に単結晶と見なせる結晶構造を有する領域が少なくともチャネル形成領域を構成しており、前記チャネル形成領域中には、炭素及び窒素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ酸素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ珪素の不対結合手を中和している水素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含まれていることを特徴とする。

【0029】他の発明の構成は、絶縁表面を有する基板上に形成された珪素薄膜に対してレーザー光を照射し単結晶と見なせる領域を形成する工程を有し、前記レーザ

一光の照射は、試料を $450^{\circ}\text{C} \sim 750^{\circ}\text{C}$ の温度に加熱した状態で行われることを特徴とする。

【0030】他の発明の構成は、複数の薄膜トランジスタが並列に接続された構造を有し、前記複数の薄膜トランジスタのそれぞれは少なくともチャネル形成領域中に実質的に結晶粒界が存在しない構造を有し、ていることを特徴とする。

【0031】他の発明の構成は、複数の薄膜トランジスタが並列に接続された構造を有し、前記複数の薄膜トランジスタのそれぞれは少なくともチャネル形成領域中に実質的に結晶粒界が存在しない構造を有し、前記チャネル形成領域中には、炭素及び窒素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ酸素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ珪素の不対結合手を中和している水素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含まれていることを特徴とする。

【0032】他の発明の構成は、複数の薄膜トランジスタが並列に接続された構造を有し、前記複数の薄膜トランジスタのそれぞれは少なくともチャネル形成領域中に実質的に結晶粒界が存在しない構造を有し、前記チャネル形成領域は $200 \text{ \AA} \sim 2000 \text{ \AA}$ の厚さを有し、前記チャネル形成領域中には、炭素及び窒素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ酸素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で、かつ珪素の不対結合手を中和している水素の原子が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ の濃度で含まれていることを特徴とする。

【0033】他の発明の構成は、複数の薄膜トランジスタが並列に接続された構造を有し、前記複数の薄膜トランジスタのそれぞれは少なくともチャネル形成領域が実質的に単結晶と見なせる薄膜珪素半導体で構成されていることを特徴とする。

【0034】

【作用】薄膜珪素半導体の単結晶と見なせる領域を活性層として用いて薄膜トランジスタを構成することで、耐圧が高く、また特性の変動や劣化の無い薄膜トランジスタを得ることができる。

【0035】また、薄膜珪素半導体の単結晶と見なせる領域を活性層として用いて構成した薄膜トランジスタを複数並列に接続した構成を採用することで、大電流を流すことのできる構成を得ることができる。このような構成は、実質的にチャネル幅を大きくするのと同様な効果を得ることができる。この構成を採用すると、単結晶と見なせる半導体で構成したトランジスタと等価の特性を得ることができ、高い移動度、大きな耐圧、安定した特性を得ることができる。

【0036】

【実施例】

【実施例1】本実施例は、基板としてガラス基板(コ-

ニング 7059) を用い、このガラス基板の歪点温度以下の温度で、薄膜トランジスタを作製する例である。コーニング 7059 ガラス基板の歪点は、593℃であり、この温度以上の温度での加熱処理は、ガラス基板の縮や変形を招くことになり好ましくない。特に大型の液晶表示装置に利用するために大面積を有するガラス基板を用いた場合には、ガラス基板の縮や変形の影響が顕著になってしまう。

【0037】そこで、本実施例で示す薄膜トランジスタは、加熱処理工程における最高温度を600℃以下、好ましくは550℃以下とすることによって、基板に対する熱の影響を大きく低減させることを特徴とする。

【0038】図1に本実施例で示す薄膜トランジスタの作製工程を示す。まず石英基板101上に下地膜として酸化珪素膜102を3000Åの厚さにスパッタ法によって形成する。次に非晶質珪素膜103を500Åの厚さにプラズマCVD法または減圧熱CVD法によって成膜する。(図1(A))

【0039】非晶質珪素膜103を形成した後、600℃の温度で加熱処理を施し、非晶質珪素膜103を結晶化させる。そしてレーザー光を照射し、104で示される領域を中心として結晶成長を行わせ、単結晶と見なせる結晶領域106を得る。このレーザー光の照射は、試料または被照射面を600℃の温度に加熱しながら行う。このレーザー光の照射は、図1の104で示される領域に対して行われ、その際、104で示される領域から周辺へと結晶成長が進行していく。(図1(A))

【0040】上記工程において、非晶質珪素膜に結晶化を助長する金属元素を導入することは有効である。こうすることによって、より大きな面積に渡って単結晶と見なせる領域を形成することができる。

【0041】単結晶と見なせる領域106を得たら、この領域を用いて薄膜トランジスタの活性層をパターニングにより形成する。活性層は、その全体が単結晶と見なせる領域内に形成されるのが最も好ましい。しかし、活性層の大きさによっては、得られる単結晶領域が相対的に小さく、活性層全体を構成することが困難な場合もある。この場合は、少なくともチャネル形成領域を単結晶と見なせる領域として、チャネル形成領域内に結晶粒界が存在しない状態とすることができます。

【0042】活性層を形成したら、ゲート絶縁膜として酸化珪素膜107を1000Åの厚さにプラズマCVD法で成膜する。そして、スカンジウムが0.2%含まれたアルミニウムを主成分とする膜を6000Åの厚さに成膜する。次にこのアルミニウムを主成分とする膜をパターニングすることにより、ゲート電極108を得る。

【0043】そして酒石酸を10%含んだエチレングリコール溶液中でゲート電極108を陽極として陽極酸化を行うことで、酸化物層109を形成する。この酸化物層109の厚さは2000Å程度する。この酸化物層が

存在することで、後の不純物イオン注入の工程において、オフセットゲイト領域を形成することができる。

【0044】次にNチャネル型の薄膜トランジスタであればリンのイオンを、Pチャネル型の薄膜トランジスタであればボロンのイオンを不純物イオンとして活性層に注入する。この工程において、ゲート電極108とその周囲の酸化物層109がマスクとなり、110と114で示される領域に不純物イオンが注入される。そして不純物イオンが注入された110の領域はソース領域に、また114の領域はドレイン領域として形成される。またゲート電極108の周囲の酸化物層109がマスクとなり、オフセットゲイト領域111と113とが同時に形成される。またチャネル形成領域112も自己整合的に形成される。(図1(C))

【0045】不純物イオンの注入工程の終了後、レーザー光を照射し、不純物イオンの注入によって損傷した活性層のアニールと注入された不純物の活性化を行う。この工程は、赤外光等の強光を照射することによって行つてもよい。

【0046】さらに層間絶縁膜として酸化珪素膜115をプラズマCVD法で7000Åの厚さに成膜する。さらに穴開け工程を経て、ソース電極116とドレイン電極117を形成しする。さらに350℃の水素雰囲気中において加熱処理を行うことにより、薄膜トランジスタを完成させる。(図1(D))

【0047】本実施例で示す薄膜トランジスタは、活性層が単結晶と見なせる構造を有した領域で構成されているので、結晶粒界に起因する耐圧の低さの問題やリーク電流が大きいという問題を解決することができる。

【0048】【実施例2】本実施例は、結晶化を助長する金属元素を非晶質珪素膜に導入することにより、単結晶と見なせる結晶領域を形成し、この結晶性を有する領域を用いて薄膜トランジスタを構成した例を示す。

【0049】図2に本実施例の作製工程を示す。まずガラス基板101上に下地膜として酸化珪素膜102を3000Åの厚さにスパッタ法によって形成する。そして非晶質珪素膜103をプラズマCVD法または減圧熱CVD法で1000Åの厚さに成膜する。そして非晶質珪素膜の表面にUV酸化法によって、極薄い酸化膜(図示せず)を形成する。この酸化膜は後の溶液塗布工程において、溶液の濡れ性を良くするためのものである。ここで行うUV酸化工程は、酸化性雰囲気中においてUV光を照射することによって、被照射面の表面に極薄い酸化膜を形成するものである。

【0050】次にニッケル酢酸塩溶液を極薄い酸化膜が形成された非晶質珪素膜103の表面にスピンドルコート法によってコーティングし、ニッケルを含有した被膜100を形成する。この被膜100が存在することで、極薄い酸化膜を介してニッケル元素が非晶質珪素膜に接して配置された状態となる。

【0051】この状態で550℃、4時間の加熱処理を施し、非晶質珪素膜103を結晶性珪素膜に変成させる。ここでは、結晶化を助長する金属元素であるニッケルが導入されているので、550℃、4時間程度の加熱処理で結晶性珪素膜を得ることができる。

【0052】加熱処理によって結晶性珪素膜に変成された珪素膜103を得たら、レーザー光を照射することによって、図2の104で示される領域から結晶成長を行わす。本実施例の場合は、結晶化を助長する金属元素であるニッケルが導入されているので、106で示されるような単結晶と見なせる領域を容易に得ることができる。

【0053】こうして図2(B)に示されるような単結晶と見なせる領域106を得たら、その領域を利用して、薄膜トランジスタの活性層を形成する。また、ニッケルを含有した被膜は、活性層の形成前または形成後に取り除く。

【0054】活性層を形成したら、ゲート絶縁膜107を酸化珪素膜で構成し、さらにアルミニウムを主成分としたゲート電極108とその周囲の酸化物層109を形成する。これらの作製工程は実施例1で示したものと同様である。

【0055】こうして図2(C)に示す状態を得たら、不純物イオンの注入を行い、ソース領域110とドレイン領域114の形成を行う。この工程において、オフセットゲート領域111と113、さらにチャネル形成領域112は自己整合的に形成される。

【0056】さらにレーザー光の照射を行い、不純物イオンの注入時における損傷と注入された不純物イオンの活性化を行う。

【0057】そして、層間絶縁膜として酸化珪素膜115をプラズマCVD法で形成し、穴開け工程を経て、ソース電極116とドレイン電極117を形成する。最後に350℃の水素雰囲気中において1時間の加熱処理を行うことで、図2(D)に示す薄膜トランジスタを完成させる。

【0058】[実施例3] 本実施例は、大電流を扱う必要がある薄膜トランジスタに本明細書で開示する発明を利用した構成に関する。例えばアクティブマトリクス型の液晶表示装置の周辺回路には、数十万個以上配置された画素トランジスタを駆動するために、大電流を流すことのできるバッファーアンプ(出力インピーダンスの低い電力変換回路)が必要とされる。そして、1枚の基板上に表示領域のみならず、周辺回路領域をも一体化して集積化しようとする場合、このバッファーアンプをも薄膜トランジスタで構成する必要が生じる。

【0-0-5-9】このようなバッファーアンプに用いることのできる薄膜トランジスタを構成するには、薄膜トランジスタのチャネル形成領域の幅を数十μmあるいはそれ以上のものとする必要がある。しかし一般の多結晶また

は微結晶構造を有する結晶性珪素薄膜を用いた場合には、耐圧が低く、必要とするバッファーアンプを構成することが困難であるという問題がある。また高速動作を行わせる場合に、特性のバラツキやドリフトが生じやすいという問題がある。これは、各トランジスタにおいてしきい値が変動したり、特性に劣化が生じやすいことに起因する。また、発熱の問題も大きく、発熱の影響で特性が劣化してしまうという問題もある。これらの問題は、活性層(特にチャネル形成領域)に結晶粒界が存在していることが主な原因である。

【0060】そこで、本実施例においては、一つ一つが単結晶とみなせる領域を用いてチャネル形成領域を構成した薄膜トランジスタを複数個並列に接続し、等価的に大きなチャネル幅を有する薄膜トランジスタと同様の大電流を取り扱うことのできる構成を提供するものである。

【0061】図3に本実施例に示す薄膜トランジスタの構成を示す。本実施例に示す構成においては、薄膜トランジスタを並列に3つ接続した構成を示す。図3に示す構成においては、それぞれの薄膜トランジスタのチャネル形成領域とその周辺部を構成する活性層を単結晶と見なせる珪素半導体薄膜で構成している。

【0062】図3において、301で示す領域が単結晶と見なせる領域である。この106で示される単結晶とみなせる領域は、チャネル形成領域とソース／ドレイン領域の一部を含んでいる。従って、チャネル形成領域のみならず、ソース領域とチャネル形成領域との界面およびその近傍、ドレイン領域とチャネル形成領域との界面およびその近傍を単結晶と見なせる構造とすることができる。

【0063】このような構成を採用した場合、結晶粒界の存在に起因する問題を解決することができる。即ち、耐圧の低さの問題、特性の劣化の問題、しきい値が変動してしまう問題を解決することができる。また、結晶粒界を経由してソース／ドレイン間を移動するキャリアを減少させることができるので、OFF電流を小さくすることができる。

【0064】図3に示す構成をA-A'で切った断面は図1(D)に対応する。即ち、図3に示す構成は、図1(D)に示す薄膜トランジスタを3つ並列に接続した構成を有している。各トランジスタは共通のゲート電極を有し、ソース電極とドレイン電極とは、コンタクト305と306とによって、共通に配線されている。

【0065】本実施例に示す構成を採用した場合、1つ当たりの薄膜トランジスタのチャネル幅が20μmであっても、3個の薄膜トランジスタを並列に接続することにより、6-0-μmのチャネル幅を有する薄膜トランジスタと等価の動作を行わすことができる。

【0066】本実施例では、薄膜トランジスタを3つ並列に接続する例を示した。しかし、並列に接続する薄膜

トランジスタの数は必要とする数を選ぶことができる。

【0067】本実施例に示すような構成を採用することにより、単結晶と見なせる半導体を用いた薄膜トランジスタと同等の特性を有し、かつ大電流を扱うことのできる薄膜トランジスタを得ることができる。従って、高速動作を行わすことができ、しかも特性の劣化や変化のない構成を実現することができる。

【0068】本実施例に示すような構成は、大電流を流す必要のある回路、例えばアクティブマトリクス型の液晶表示装置の周辺回路に配置されるバッファー回路に最適な構成といえる。

【0069】【実施例4】本明細書に開示する発明を用いて、より高度なアクティブマトリクス型液晶ディスプレーシステムを構築する例を図6に示す。図6の例は、一対の基板間に液晶を挟持した構成を有する液晶ディスプレーの少なくとも一方の基板上に、通常のコンピュータのメインボードに取り付けられている半導体チップを固定することによって、小型化、軽量化、薄型化をおこなった例である。

【0070】以下、図6について説明する。基板15は液晶ディスプレーの基板でもあり、その上にはTFT11、画素電極12、補助容量13を具備する画素が多数形成されたアクティブマトリクス回路14と、それを駆動するためのXデコーダー／ドライバー、Yデコーダー／ドライバー、XY分岐回路がTFTによって形成されている。アクティブマトリクス回路を駆動するためには、低出力インピーダンスを有するバッファー回路を周辺回路に配置する必要があるが、このバッファー回路を図3に示すような回路を応用して構成することは有用である。

【0071】そして基板15上に、さらに他のチップを取り付ける。そして、これらのチップはワイヤボンディング法、COG(チップ・オン・グラス)法等の手段によって、基板15上の回路に接続される。図6において、補正メモリー、メモリー、CPU、入力ポートは、このようにして取り付けられたチップであり、この他にも様々なチップを取り付けてもよい。

【0072】図6において、入力ポートとは、外部から入力された信号を読み取り、画像用信号に変換する回路である。補正メモリーは、アクティブマトリクスパネルの特性に合わせて入力信号等を補正するためのパネルに固有のメモリーのことである。特に、この補正メモリーは、各画素固有の情報を不揮発性メモリーとして有し、個別に補正するためのものである。すなわち、電気光学装置の画素に点欠陥のある場合には、その点の周囲の画素にそれに合わせて補正した信号を送り、点欠陥をカバーし、欠陥を目立たなくする。または、画素が周囲の画素に比べて暗い場合には、その画素により大きな信号を送って、周囲の画素と同じ明るさとなるようにするものである。画素の欠陥情報はパネルごとに異なるので、補

正メモリーに蓄積されている情報はパネルごとに異なる。

【0073】CPUとメモリーは通常のコンピュータのものとその機能は同様で、特にメモリーは各画素に対応した画像メモリーをRAMとして持っている。これらのチップはいずれもCMOS型のものである。

【0074】また必要とする集積回路の少なくとも一部を本明細書で開示する発明で構成し、システムの薄膜をさらに高めてもよい。以上のように、液晶ディスプレー

10 基板にCPU、メモリーまでもが形成され、1枚の基板で簡単なパーソナルコンピュータのような電子装置を構成することは、液晶表示システムを小型化し、その応用範囲を広げるために非常に有用である。

【0075】本実施例に示すようにシステム化された液晶ディスプレーの必要とする回路に本明細書で開示する発明を用いて作製した薄膜トランジスタを利用することができます。特に、単結晶と見なせる領域を用いて作製された薄膜トランジスタをアナログバッファー回路やその他必要とする回路に利用することは極めて有用である。

20 【0076】【実施例5】本実施例は、図8に示すように3つの薄膜トランジスタを並列に接続した構成に関する。図8において、804で示されるが共通の活性層であり、803で示されるのが活性層中に形成されている単結晶と見なせる領域である。図8には、単結晶と見なせる3つの領域が示されており、この3つの単結晶と見なせる領域にそれぞれの薄膜トランジスタのチャネル形成領域が形成される。

30 【0077】801は共通のゲート電極およびゲート配線である。805は共通のソース電極およびソース配線である。806は共通のドレイン電極およびドレイン配線である。そして802で示されるのが、ソース／ドレイン電極とソース／ドレイン領域とのコンタクト部分である。

【0078】

【発明の効果】本明細書で開示する発明を利用してことで、結晶粒界の影響を受けない薄膜トランジスタを得ることができる。そして耐圧が高く、特性の変動がなく、さらに大電流を扱うことのできる薄膜トランジスタを得ることができる。また薄膜トランジスタの動作が結晶粒界の影響を受けないものとすることができるので、OFF電流の小さな特性とすることができます。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例の薄膜トランジスタの作製工程を示す。

【図2】実施例の薄膜トランジスタの作製工程を示す。

【図3】実施例の薄膜トランジスタの構成を示す。

【図4】試料の加熱温度を変化させた場合のレーザー光の照射エネルギー密度とラマン強度との関係を示す。

50 【図5】試料の加熱温度を変化させた場合のレーザー

光の照射エネルギー密度とラマンスペクトルの半値幅との関係を示す。

【図6】 1枚の基板上に集積化された液晶電気光学装置の例を示す。

【図7】 ラマンスペクトルの1例を示す。

【図8】 実施例の薄膜トランジスタの構成を示す。

【符号の説明】

| | |
|-----|-----------------|
| 101 | ガラス基板 |
| 102 | 下地膜（酸化珪素膜） |
| 103 | 珪素膜 |
| 104 | レーザー光が照射される領域 |
| 105 | 非晶質珪素膜として残存する領域 |

106

107

108

109

110

111、113

114

115

116

117

単結晶と見なせる領域

ゲイト絶縁膜（酸化珪素膜）

ゲイト電極

陽極酸化物層

ソース領域

オフセットゲイト領域

ドレイン領域

層間絶縁膜

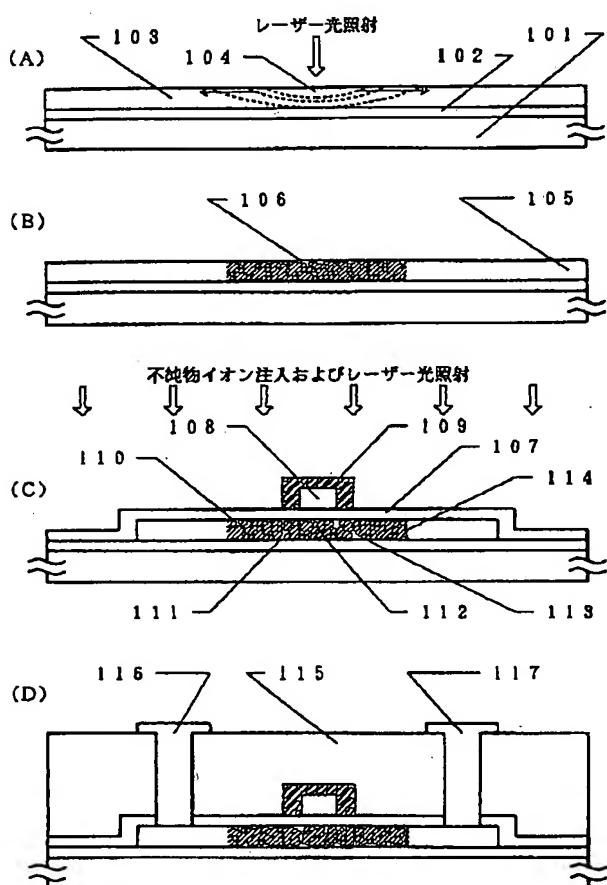
ソース電極

ドレイン電極

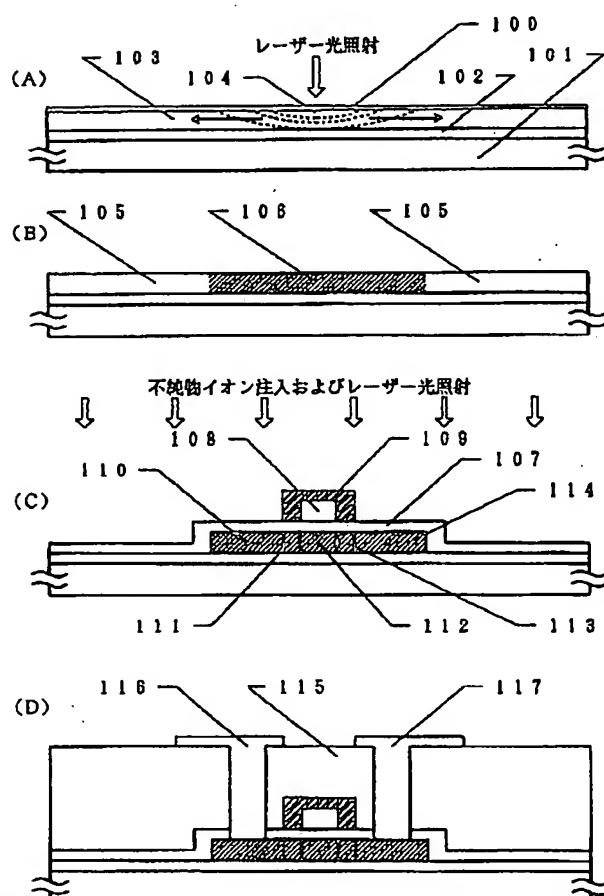
ニッケルを含有した膜

コンタクト領域

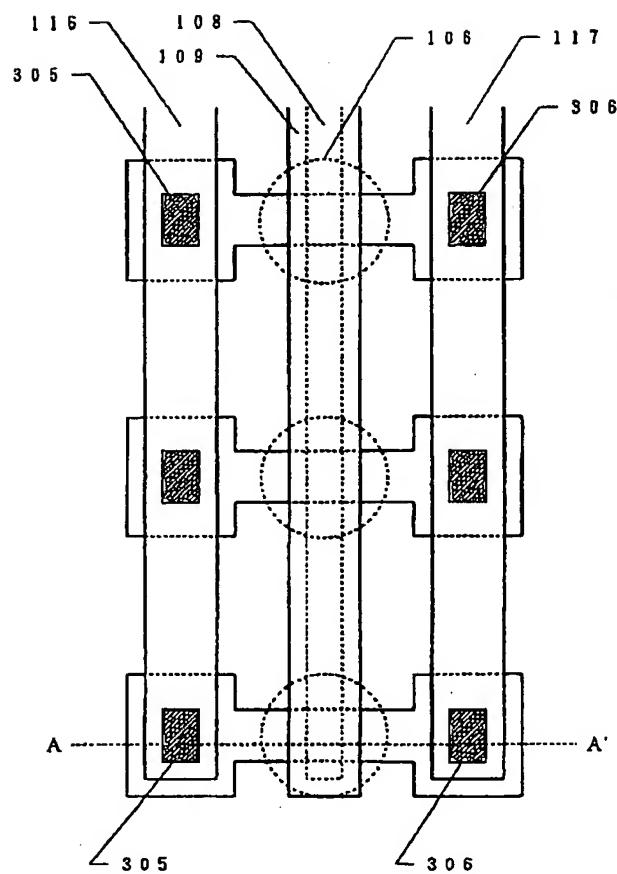
【図1】



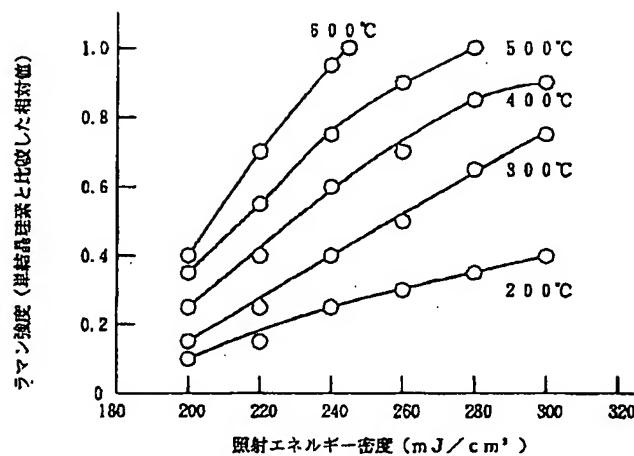
【図2】



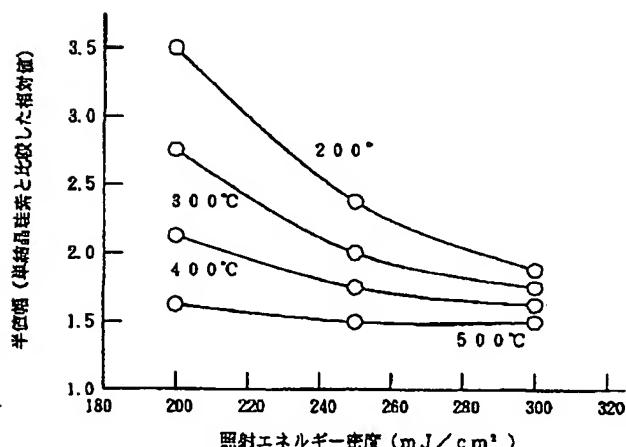
【図3】



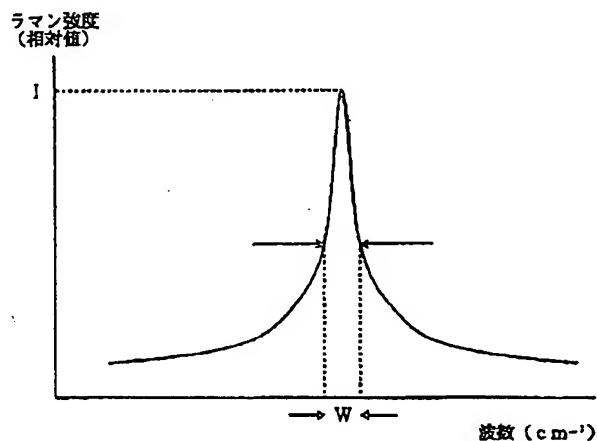
【図4】



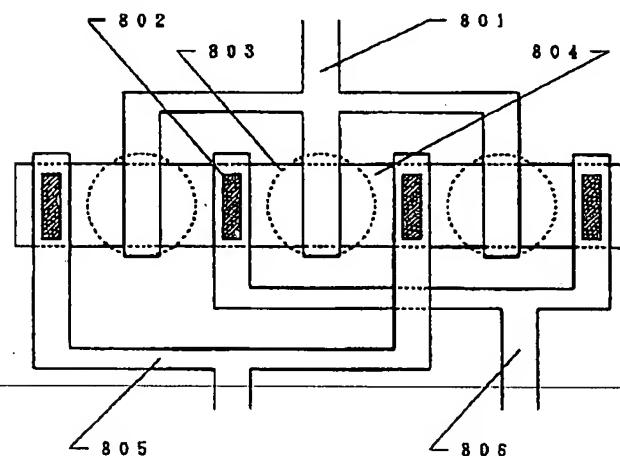
【図5】



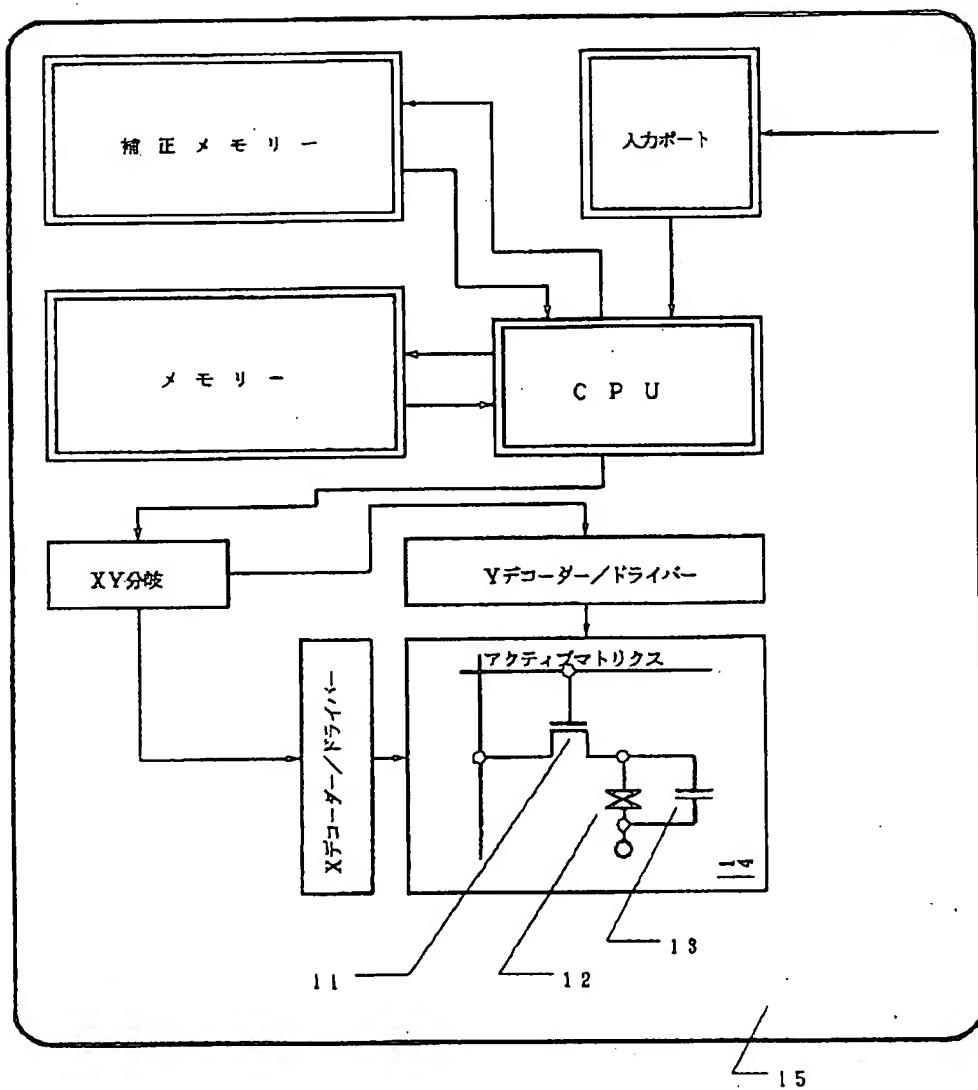
【図7】



【図8】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.

H 01 L 21/268
21/336

識別記号

Z

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

9056-4M

H 01 L 29/78

6 2 7 G